

ESTIMASI ALIRAN AIR LINDI TPA BANTAR GEBANG BEKASI MENGUNAKAN METODA SP

Syamsu Rosid^{1,*}, Ramadoni N. Koesnodo¹ dan Prabowo Nuridianto¹

¹Departemen Fisika, Universitas Indonesia

Kampus Depok, Depok 16424

Email: srosid@fisika.ui.ac.id

Abstrak

Air lindi merupakan limbah sampah organik yang biasanya diproduksi dari sampah rumah tangga. Pencemaran air tanah (*groundwater*) oleh air lindi menjadi ancaman yang serius bagi masyarakat. Penduduk Bantar Gebang, Bekasi merasa terancam kehidupannya dengan adanya tempat pembuangan akhir (TPA) sampah yang dikirim dari DKI Jakarta. Beberapa penduduk di sekitar TPA mengeluhkan bahwa air sumurnya agak bau dan tidak lagi terasa segar. Untuk mengetahui seperti apa polusi air lindi yang terjadi, ke arah mana dan sudah sejauh mana sebarannya, dan memetakan daerah resiko tinggi terkena polusi maka telah dilakukan pengukuran geolistrik metoda self potential (SP) di sebelah Tenggara dan Selatan daerah TPA Bantar Gebang, Bekasi. Dari data SP diketahui bahwa aliran air tanah bawah permukaan di daerah tersebut berarah Selatan ke Utara. Meskipun lokasi TPA berada di Utara daerah penelitian, limbah air lindi diduga telah mencemari air tanah bawah permukaan hingga radius ratusan meter dari lokasi TPA. Penyebaran air limbah ini diperkirakan melalui proses osmosis, mekanisme kapilaritas dan proses elektrokinetik.

Kata kunci: air lindi, metoda SP, TPA Bantar Gebang.

PENDAHULUAN

Masyarakat di empat kelurahan yang berada di Kecamatan Bantar Gebang, Kota Bekasi yakni Kelurahan Cikiwul, Sumur Batu, Ciketing Udik, dan Bantar Gebang, tengah mengalami ancaman lingkungan berupa sanitasi buruk, pencemaran udara dan air tanah, serta rusaknya infrastruktur. Sebagai Tempat Pembuangan Akhir (TPA) sampah, Kecamatan Bantar Gebang pada saat musim kemarau selalu diliputi kabut yang berbau apek dan menyengat. Keluhan gangguan ISPA (Infeksi Saluran Pernafasan Atas) di Puskesmas setempat meningkat. Di musim hujan, jalanan menjadi becek, bau busuk menyebar, air sumur tercemar yang menyebabkan bau tak sedap dan bisa menimbulkan diare, ditambah lagi dengan lalat, nyamuk dan tikus yang seolah sedang berpesta pora.

TPA Bantar Gebang per harinya menerima 16.000 m³ dari 20.000 m³ sampah penduduk DKI Jakarta. Sampah yang dikirim biasanya berbentuk sampah kering (seperti plastik, kertas dan kardus) dan sampah basah (sayur mayur dan sampah rumah tangga lainnya). Sampah basah/organik inilah yang

menghasilkan air lindi dan bisa mencemari air sumur penduduk sekitar. Penyebaran limbah sampah ini bisa melalui berbagai cara. Air lindi sebagai fluida pada umumnya mengalir karena pengaruh gravitasi. Elevasi permukaan tanah diatas muka laut rata-rata menjadi faktor penyebab utama penyebaran air lindi. Namun demikian, proses kapilaritas, osmosis dan fenomena elektrokinetik adalah juga faktor-faktor yang bisa mempengaruhi aliran penyebaran limbah ini. Untuk mengetahui arah penyebaran limbah air lindi dan sudah sejauh mana tingkat penyebarannya serta memetakan daerah beresiko tinggi tercemar maka dilakukan studi geolistrik SP (*self potential*) di desa Ciketing Udik sekitar daerah TPA.

METODE PENELITIAN

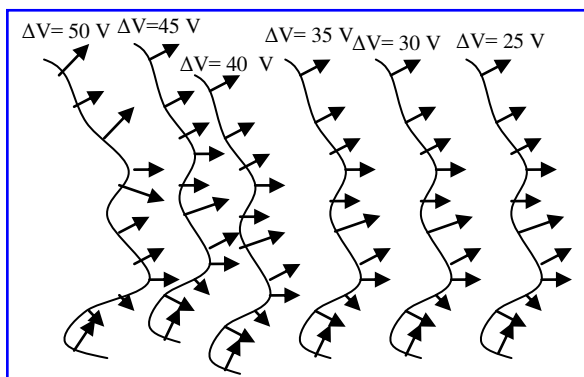
Konsep Dasar Metoda SP

Metoda SP adalah salah satu metoda geolistrik yang memanfaatkan keberadaan potensial listrik alami di dalam lapisan tanah. Potensial listrik alami ini bisa terjadi oleh berbagai faktor, diantaranya proses elektrokinetik, proses difusi, dan proses mineralisasi. Proses-proses tersebut

membangkitkan potensial listrik elektrokinetik, potensial difusi, potensial Nernst dan potensial mineralisasi. Potensial elektrokinetik (elektro-filtrasi atau *streaming potential*) terjadi ketika larutan elektrolit dalam pori-pori batuan mengalir. Jadi beda tekanan hidrostatiklah ΔP yang akan menimbulkan beda potensial listrik ΔV . Hubungan ini dikenal sebagai persamaan Helmholtz-Smoluchowski (Revil *et al.*, 1996).

$$\Delta V = \frac{\varepsilon \mu C_E \delta P}{4\pi \eta}$$

dengan ε konstanta dielektrik, μ resistivitas elektrolit, η viskositas dinamis elektrolit, ΔV beda potensial listrik, δP beda tekanan hidrostatik, dan C_E koefisien kopling elektrofiltrasi. Sesuai dengan formula diatas maka aliran fluida akan searah dengan arah arus listrik. Hal ini bisa ditunjukkan dalam ilustrasi pada Gambar 1 berikut:



Gambar 1. Arah arus listrik (tanda panah) akan selalu tegak lurus terhadap bidang ekipotensial. Arah aliran fluida searah dengan arah arus listrik

Sementara potensial difusi akan terbentuk ketika terjadi perbedaan mobilitas kation dan anion yang disebabkan oleh adanya variasi konsentrasi elektrolit dalam batuan. Formulasi berbentuk (Cardimona, 2002):

$$\Delta V_d = \frac{RT(I_a - I_c)C_E \delta P}{Fn(I_a + I_c)} \ln \frac{C_1}{C_2}$$

dengan R konstanta gas umum, F konstanta Faraday ($9,65 \times 10^4$ C/mol), T suhu mutlak, n valensi, I_a dan I_c mobilitas anion dan kation, dan C_1 dan C_2 konsentrasi larutan 1 dan 2.

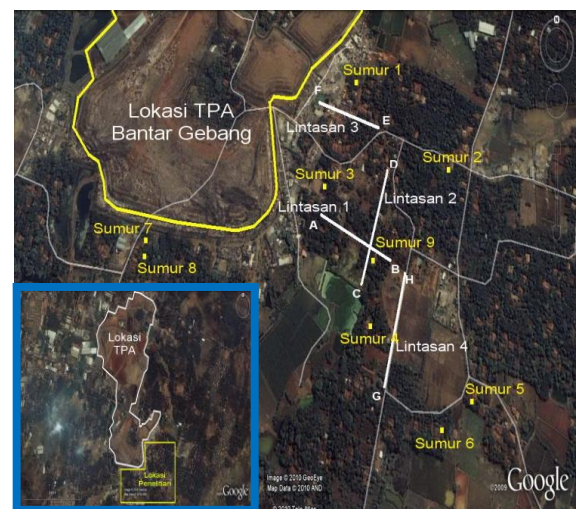
Potensial Nernst terbentuk antara dua buah elektroda identik yang tercelup kedalam elektrolit homogen dengan konsentrasi yang berbeda. Besarnya potensial listrik bisa diformulasikan dalam bentuk

$$\Delta V_s = \frac{RT}{Fn} \ln \frac{C_1}{C_2}$$

Potensial mineralisasi terbentuk ketika di wilayah tersebut terdapat mineral logam. Mineral inilah baik dalam bentuk body maupun butiran batuan yang akan membentuk potensial listrik alami di bawah permukaan. Untuk penelitian ini potensial mineral dianggap tidak berkontribusi karena daerah ini bukan daerah berpotensi mineral.

Akuisisi Data

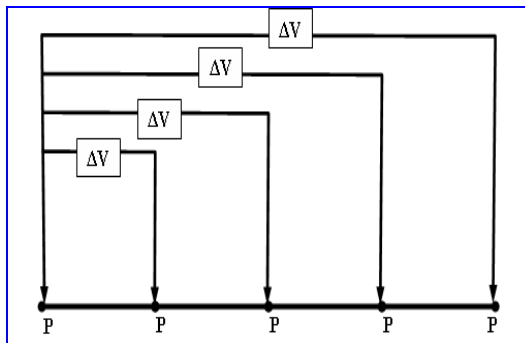
Akuisisi data dilakukan dalam dua tahap. Tahap pertama melakukan pengukuran air sumur gali di sembilan rumah penduduk sekitar TPA. Selain posisi sumur yang di ukur, kami juga mengukur parameter-parameter fisis seperti elevasi *water table*, rasa dan baunya, pH dan konduktivitas listriknya. Dari hasil data awal ini diperoleh suatu hipotesa awal yang kami gunakan untuk mendesain bentuk dan sebaran lintasan pengukuran geolistrik SP. Pada tahap kedua dilakukan pengukuran SP selama dua hari pada empat buah lintasan sebagaimana nampak pada Gambar 2. Daerah pengukuran terletak di Selatan dan Tenggara TPA Bantar Gebang.



Gambar 2. Lokasi daerah penelitian dengan sebaran 9 buah sumur gali di rumah penduduk dan empat lintasan geolistriknya yang berada di Selatan dan Tenggara TPA Bantar Gebang.

Susunan elektroda yang digunakan dalam akuisisi data adalah teknik basis tetap (*fixed base*) (lihat Gambar 3). Hal ini dilakukan untuk bisa lebih memetakan arah aliran fluida bawah permukaan dari pada

dengan menggunakan teknik katak lompat (*leap frog*).

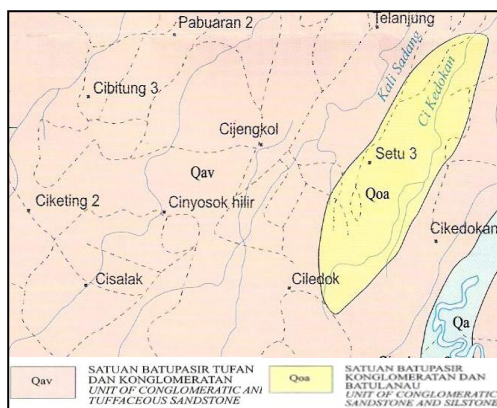


Gambar 3. Teknik basis tetap (*fixed base*) sebagai model susunan elektroda yang digunakan dalam akuisisi data.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data Penunjang

Secara geologi daerah penelitian didominasi oleh batuan aluvial dengan satuan batupasir tufan, tufa dan konglomerat (Achdan dan Sudana, 1992). Namun demikian dari singkapan batuan di lokasi, batupasir tufan dan tufa nampak lebih dominan dari pada konglomerat (lihat Gambar 4). Kondisi ini berpotensi untuk terjadinya proses kapilaritas di daerah tersebut.



Gambar 4. Peta geologi daerah penelitian yang didominasi oleh batupasir tufan dan konglomerat (Achdan dan Sudana, 1992).

Dari survey awal yang dilakukan terhadap 9 sampel sumur penduduk, diperoleh beberapa informasi penting. Air sumur di daerah penelitian cenderung bersifat asam. Hal ini terlihat dari pH air sumur rata-rata yang terukur adalah 5,71 (dengan interval 5,21 –

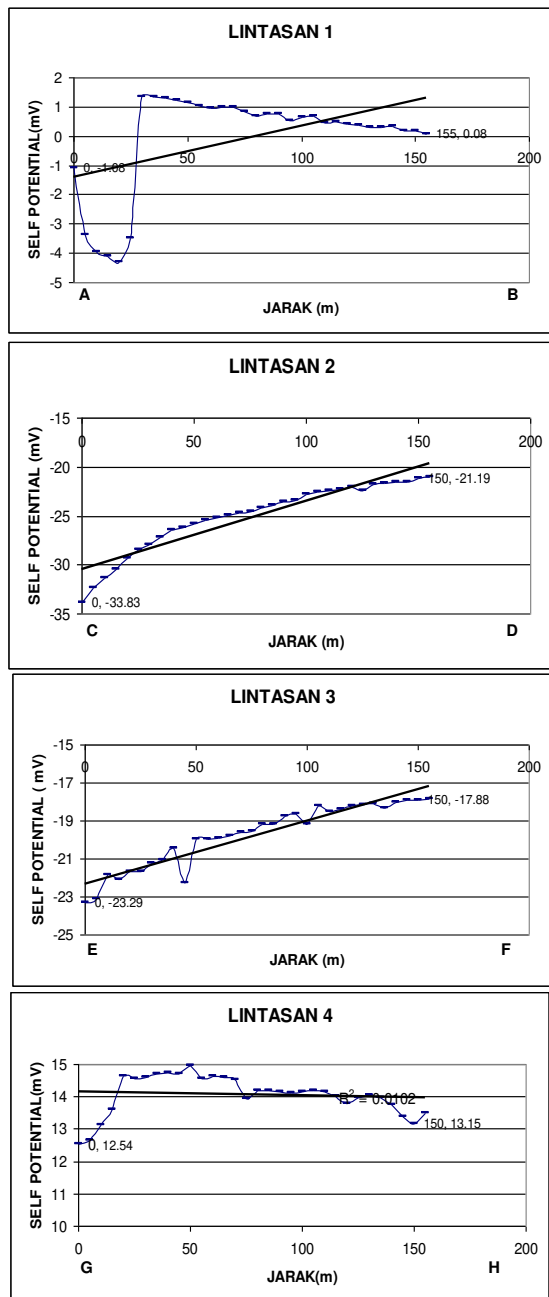
6,40). Konduktivitas listrik di beberapa sumur cukup tinggi hingga mencapai 674 mS (1 mS = 1 mili Siemens = 1 mV). Sementara pH air lindi yang terukur di salah satu tempat bagian Selatan TPA adalah 8,54, bersifat basa. Konduktivitas listrik air lindi terukur sebesar 2,68 mS, jauh lebih resistif dari pada air sumur. Distribusi elevasi *watertable* di daerah penelitian nampak semakin tinggi ke arah Selatan. Ini berarti air tanah bawah permukaan diperkirakan mengalir dari Selatan ke Utara. Hal ini sesuai dengan kondisi regional dimana Laut Jawa berada di Utara daerah penelitian ini. Dan pola aliran air sungai di daerah inipun secara umum dari Selatan ke Utara.

Data SP

Hasil pengukuran SP di empat lintasan nampak pada Gambar 5. Disana nampak sebaran nilai SP terhadap jarak elektroda. Data menunjukkan bahwa secara umum aliran air bawah permukaan sesuai dengan data elevasi *watertable* yang berarah Selatan menuju Utara. Data SP juga menunjukkan bahwa di ke-empat lintasan pengukuran air tanahnya cenderung bersifat resistif yang ditunjukkan oleh nilai SP yang relative sangat kecil (nilai SP maksimum hanya sekitar 30 mV). Nilai SP ini umumnya lebih mendekati harga konduktivitas air lindi yang hanya 2,68 mS dari pada nilai konduktivitas air sumur yang ratusan mS.

Pada lintasan 1 nilai SP air bawah permukaan yang terukur sangat kecil, bersifat sangat resistif. Air tanahnya cenderung mengalir dari B ke A atau dari Tenggara menuju Barat Laut. Hal ini sesuai dengan menurunnya data SP pada arah AB. Di lintasan 30 meter pertama nampak noise yang terjadi sepanjang daerah yang tidak stabil. Sementara pada lintasan 2, meskipun nilai SP nya sedikit lebih besar dari pada SP pada lintasan 1 tetapi daerah ini masih terkategori sebagai daerah resistif pula. Sesuai data SP yang ada, aliran air tanah bawah permukaannya diperkirakan dari C ke D yaitu dari arah Selatan ke Utara. Pada lintasan 3 dengan nilai SP yang juga kecil, kondisi bawah permukaannya resistif pula. Aliran air di lintasan ini diperkirakan pada arah E ke F yaitu dari arah Tenggara ke Barat Laut sebagaimana arah aliran pada lintasan 1. Pada lintasan 4, secara grafik SP kondisinya agak berbeda dibandingkan ketiga lintasan sebelumnya. Di lintasan ini data SP menggambarkan hampir

tidak ada perubahan nilai potensial listrik. Hal ini berarti menunjukkan hampir tidak ada aliran air di bawah permukaan. Kondisi ini



Gambar 5. Kurva potensial SP terhadap jarak elektroda pada ke-empat lintasan pengukuran. Umumnya nilai potensial pada lintasan-lintasan diatas sangat kecil, dan nilainya lebih mendekati konduktivitas air lindi.

sesuai dengan data elevasi *watertable* yang menunjukkan hampir datar di sepanjang lintasan ini.

Secara gravitasi (data elevasi *watertable*) dan data SP terbukti adanya indikasi bahwa air tanah bawah permukaan mengalir dari Selatan ke Utara atau dari Tenggara ke Barat Laut. Namun demikian data SP menunjukkan bahwa aliran air tanah tidak hanya disebabkan oleh pengaruh gravitasi saja. Hal ini diindikasikan oleh terjadinya perubahan nilai konduktivitas air tanah yang cenderung menjadi lebih resistif pada daerah-daerah yang lebih dekat ke lokasi TPA. Perubahan ini diduga karena pengaruh air lindi yang relatif lebih resistif telah meng-infiltrasi air sumur disekitarnya. Daerah di sepanjang lintasan 1 yang sangat resistif diduga telah tercemar oleh air lindi. Sedangkan untuk lintasan lainnya pencemaran air lindi hanya mencapai sebagian daerah saja karena konduktivitas listriknya yang masih relatif tinggi. Proses pencemaran air lindi ini tidak melalui mekanisme pengaruh gravitasi. Diperkirakan pencemaran air lindi di daerah penelitian ini melalui proses kapilaritas atau osmosis atau mekanisme elektrokinetis. Ketiga proses tersebut secara natural mampu melawan pengaruh gravitasi. Meskipun pengaruh gravitasi menyebabkan aliran air pada arah Selatan ke Utara, ketiga proses diatas bisa membuat aliran fluida pada arah Utara ke Selatan. Dominasi batuan tufa memungkinkan terjadinya proses kapilaritas dengan baik. Lebih tingginya konsentrasi air lindi dibandingkan air tanah bisa mendorong terjadinya proses osmosis. Begitu juga dengan proses elektrokinetis, terjadinya aliran fluida karena pengaruh gravitasi bisa membangkitkan proses *streaming* potensial.

KESIMPULAN

Aliran air tanah bawah permukaan secara umum berarah dari Selatan ke Utara menuju daerah TPA dan terus ke Laut Jawa. Namun demikian disebelah tenggara daerah TPA diduga telah terjadi pencemaran air tanah oleh limbah air lindi hingga beberapa ratus meter dari lokasi TPA. Penyebaran limbah air lindi bukan melalui pengaruh gravitasi akan tetapi diduga melalui proses kapilaritas atau osmosis atau mekanisme elektrokinetis.

UCAPAN TERIMA KASIH

Rasa terimakasih kami sampaikan kepada saudara Lendri, Surya, Rifki, Rotua, Riki, dan masyarakat penduduk di sekitar

lokasi TPA Bantar Gebang serta Laboratorium Geofisika UI yang telah meminjamkan alat dan membantu kami dalam proses akuisisi data di lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

Achdan, A., dan B. Sudana, 1992, *Peta Geologi daerah Karawang*, Puslitbang Geologi Bandung.

Cardimona, S., 2002, *Electrical Resistivity Techniques for Subsurface Investigation*, Department of Geology and Geophysics, University of Missouri-Rolla, MO.

Revil, A., M. Darot, and P. A. Pezard, 1996, *From surface electrical properties to spontaneous potentials in porous media*, Surv. Geophysics, **17**, p. 331 – 346.

